附件4：

高端装备专项申报指南

高端装备是宁波市重点发展的战略性产业，对提升宁波制造业竞争力具有重要的支撑作用。目前，宁波市高端装备制造业上下游产业基础日趋完善，装备种类较为齐全，以注塑机、针织横机为代表的专用智能数控装备优势明显，在全国乃至全球市场处于领先地位。然而，与发达国家和国内先进城市相比，我市高端装备的智能化程度偏低，智能检测技术薄弱，高端加工中心与智能成型装备的性能与可靠性亟待提高。本专项以宁波市高端装备制造业的高质量发展需求为导向，重点突破智能检测技术、智能成型工艺与装备技术、高端数控装备技术等前沿引领和共性关键技术，促进高端装备的数字化、智能化与精密化，带动产业规模效益不断提升。

**（一）产业链关键核心技术攻关项目**

**1、高速高精度视觉贴片机关键技术与装备**

**研究内容：**面向电子制造高端装备中的卡脖子技术难题，研究高速高精度视觉贴片机的多轴协同精密运动系统建模技术，建立刚柔耦合的精确动力学模型；研究复杂工况下精确鲁棒视觉感知技术，实现多样化复杂芯片自动识别与定位；研究基于视觉反馈的高速精密运动控制技术，实现多轴协同运动规划与控制一体化；研究复杂任务分解与智能优化技术，提高装备贴装效率；研制高速高精度视觉贴片机，装备性能达到国际先进水平，实现国产自主可控。

**考核指标：**实现Chip型封装元器件贴装精度±40um(3$σ$)，QFP型封装芯片贴装精度±30um(3$σ$)，可检测芯片缺陷类型不少于10种，可贴装电路板尺寸L50mm$×$W50mm$\~$L1200mm$×$W390mm，贴装速度不小于30000CPH。申请发明专利不少于10件，其中PCT专利不少于2件，获得软件著作权不少于5件；发表高水平论文10篇以上；制定标准1项；项目执行期内实现销售3000万元以上。

**有关说明：**要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

**2、智能塑料注射成型装备产业链核心技术研究与产业化**

**研究内容：**研究基于无线物联网及电流回馈伺服驱动控制技术，实现注塑装备远程参数设定及深度节能；基于OPC-UA和多处理器嵌入的智能边缘控制模块技术，实现注塑装备实时过程数据和非实时异构数据的同步处理；基于理论建模和大数据仿真的注塑机运动部件智能润滑技术，建立预测性维护系统；基于温度、压力、流量控制的模具温度稳定技术，构建智能水排系统；基于模板位置动态精确调整的高精度注射压缩技术，提升大尺寸曲面、薄壁、光学镜片等成型制品的尺寸精度；建立锁模状态封闭力系模型，实现锁模力的优化控制。

**考核指标：**在全电动注塑机、液压注塑机上实现成型制品重量重复精度≤0.8‰，能耗指标＜1级（比能耗≤0.33kWh/kg），成型制品壁厚精度≤0.05mm，形成智能成型工艺软件1套，预测性维护软件1套，远程数据采集与参数设定软件1套。申请发明专利不少于10件，其中PCT专利不少于2件；发表高水平论文5篇；制定标准1项；项目执行期内实现销售100台/套以上。

**有关说明：**要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

**3、高精密车铣复合加工中心研发及应用**

**研究内容：**研究高精密车铣复合加工中心的整机优化设计，实现自动上料及至少四种不同工序的一次装夹连续复合加工，提高加工精度与效率；研究关键部件结构静力、强度、模态的分析与优化，提高动静态刚度与整机固有频率；研究高性能电机设计技术与拓扑结构优化、热效应分析与管理、转矩波动抑制方法，确保机床满足高速、高精密切削要求；研究高效加工工艺及控制系统软件功能模块，完成复合加工中心系统集成，实现加工应用示范。

**考核指标：**五轴联动，X/Y/Z轴行程≥210/160/330mm，快速进给速度≥24/32/32m/min；主轴最高转速≥15000r/min；定位精度：±0.003mm；重复定位精度：±0.002mm。申请发明专利不少于5件；制定标准1项；发表高水平论文不少于4篇；项目执行期内实现销售3000万元以上。

**有关说明：**要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

**4、聚乙烯管件焊接缺陷现场快速DR无损检测技术及装备**

**研究内容：**研究城镇燃气管网不同形式和管径的聚乙烯管件焊接质量现场快速数字射线成像（DR）无损检测方法；研制适用于聚乙烯管件焊接施工现场使用的快速DR检测设备；研究聚乙烯管件焊接缺陷自动识别、分析及表征技术，对焊接缺陷进行定位、定性及定量检测与评价；研究聚乙烯管件焊接缺陷快速DR检测应用技术，实现现场检测验证及应用效果评估。

**考核指标：**研发聚乙烯管件焊接缺陷现场快速DR无损检测方法及设备，满足5种以上接头类型的现场快速无损检测；最大检测管件直径≥800mm，最大检测管件壁厚≥50mm；检测聚乙烯材料对比度优于1.5%，对比度信噪比优于1；单件聚乙烯管件焊缝DR检测效率优于5分钟。申请发明专利不少于3件；发表高水平论文不少于3篇；制定检测行业（企业）标准1项；项目执行期内实现销售3000万元以上。

**有关说明：**要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过300万元，且不超过项目研发总投入的20%。

**5、复杂零部件智能视觉检测关键技术与装备**

**研究内容：**研究复杂立体曲面特征零部件精密光学成像系统，实现对零部件的完整清晰成像；研究3D在线建模、强鲁棒高精度视觉定位、亚像素精度尺寸视觉测量、复杂缺陷图像特征提取与识别技术，构建基于视觉数据的智能自感知、自诊断系统，实现对复杂零部件的在线质量评估；开发复杂零部件智能视觉检测装备，并实现产业化应用。

**考核指标：**实现零部件视觉定位精度0.02mm，尺寸测量精度0.005mm，3D测量精度0.005mm，可检测最小缺陷尺寸0.06mm2，可检测缺陷类型不少于5种，缺陷检测准确率≥99%；申请发明专利不少于10件，其中PCT专利不少于2件，获得软件著作权不少于2件；制定标准1项；发表高水平论文不少于8篇；实现示范应用生产线不少于1条；项目执行期内实现销售3000万元以上。

**有关说明：**要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

**6、智能地基基础工程装备关键技术研发**

**研究内容：**研发大型地基基础工程装备高精度岩土信息感知与动力头扭矩传感元件、深部地下信号无线通讯技术、装备与用户间的网络信息传输和反馈控制技术，开发岩土大数据机器学习方法，建立地层识别与质量检测模型；提出岩土地基与基桩承载力预测模型与分析方法，构建地基基础工程装备智能管理及应用系统，实现包括大型智能水泥土桩工程装备、大扭矩智能短螺旋挤土灌注桩工程装备以及智慧岩土静力触探检测设备的成套集成装备工程化应用。

**考核指标：**研制具有数字感知及智能控制系统的地基基础工程装备，实现网络化数据提取、数据分析、反馈控制技术，建立基于人工智能岩土算法为核心的地层识别、质量检测和基桩承载力预测系统，达到精准判别地层参数、地基与基桩承载力。装备传感精度技术指标：深度传感≤0.50%FS，位移传感≤0.02%FS，转速传感≤0.5%FS，倾角传感≤0.05°，称重传感≤0.8%FS，压力传感≤0.02%FS，流量传感≤3%；装备整体工作效率提高15%。申请发明专利不少于6件，其中PCT专利不少于1件；发表高水平论文不少于3篇；项目执行期内实现销售3000万元以上。

**有关说明：**要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

**7、高速高精智能化柔性材料裁切系统关键技术与装备产业化**

**研究内容：**开发不规则柔性材料排样切割工业优化软件及高速高精智能裁切装备，实现柔性材料裁切系统的数字化、智能化和网络化；研究不规则三维表面柔性材料的智能化平面展开与平面裁片导出方法；研究针对不同尺寸规则平面裁片的智能优化排料算法，包括不规则原料外轮廓视觉提取、原料瑕疵处识别并排料避让、裁片纹路或图案对齐、原料的高效利用和快速自动排料；优化针对不同材料自动切换刀具并自动匹配的切割工艺；研究基于国密加密算法和国密协议的数据加密技术，构建数字孪生大数据远程管理与监控云平台，实现基于云计算的智能裁切装备运行状态监控、远程诊断与维护。

**考核指标：**开发具有自动获取排料优化算法的裁片信息、自动送料和高速切割功能的全自动一体化高速智能裁切设备；裁切智能优化算法实现不规则原料利用率不低于80%，规则原料利用率不低于90%，最大排料时间小于60s；切割精度达到0.2mm以内，最快切割速度3.0m/s；实现数字化分区吸附，负压达到27kpa；振动刀切割频率达到18500rpm。申请发明专利不少于2件；制定行业（企业）检测标准1项；发表高水平论文不少于4篇；项目执行期内实现销售4000万元以上。

**有关说明：**要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

**8、多激光头高速金属3D打印装备关键技术研发及产业化**

**研究内容：**研究多激光头金属3D打印技术；研究多激光头阵列焦平面质量和输出功率的优化控制技术；研究分区打印径路与拼接算法，实现重叠区域多激光搭接优化和高低功率激光器混搭；研究腔体气流控制；研究光路及封装，实现多激光源与光学系统的协同调控。

**考核指标：**研发完成12个激光头的高速金属3D打印装备样机；单个激光头功率不低于1000W；成型腔室长宽高≥600$×$600$×$600 mm3；激光头具有自动对齐功能，实现无缝零件打印，产品成型精度0.01mm，粗糙度Ra8；比采用相同功率激光头的单激光头打印机效率提升15倍以上。申请发明专利不少于2件；发表高水平论文不少于3篇；项目执行期内实现销售2000万元以上。

**有关说明：**要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过300万元，且不超过项目研发总投入的20%。

**9、基于绿色制造的高端铣削成型装备开发及产业化**

**研究内容：**研究基于绿色制造的高速高精多工位五轴铣削成型装备动力学系统优化和结构件轻量化方法，设计关键功能部件机械结构，优化运动部件动态性能，研发具有同步运动的多工位加工中心摇篮；开发采用矿物铸件的机床，提高机床床身热稳定性和高刚性；研发基于大数据分析的多工位机床动态监控、机床预维修等系统，开发个性化数控系统加工工艺功能模块，完成整机系统集成并实现产业化。

**考核指标：**XYZ轴行程≥500/500/250mm，主轴最高转速≥30000r/min，XYZ快速进给速度≥60m/min，加速度≥14.2m/s²，定位精度2μm，重复定位精度1μm；五轴联动，具有多个工位加工中心摇篮，转台定位精度优于5″，重复定位精度优于4″。申请发明专利不少于3件，其中PCT专利不少于1件；制定标准1项以上；发表高水平论文不少于2篇；项目执行期内实现销售5000万元以上。

**有关说明：**要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目研发总投入的20%。

**（二）前沿引领技术攻关项目**

**10、面向3D针织服装的CAD/CAM系统关键技术研发**

**研究内容：**开发研究3D针织（3D Knitting）服装数字化设计和生产辅助系统软件；研究针织成衣三维拓扑结构的有向图表示；研究针织装备花型细部结构间距度量准则；研究服装设计稿位图的结构特征识别与矢量化技术；研究构建智能针织装备数字孪生模型，实现织物线圈的纤维级3D仿真。

**考核指标：**研发面向3D针织服装的CAD/CAM软件系统1套，制版效率同比当前国际先进软件提升50%以上，并实现产业化应用；建立具有10万个以上针织花型和版型的数据库；具备3D针织版型文件自动推放码，以及嵌花、提花等复杂花型组织结构的自动缩放功能；建立基于碰撞算法和纱线加捻动力学的3D织物仿真系统、智能针织装备的数字孪生模型，实现对花型和版型文件的智能容错检测。申请发明专利不少于2件，获得软件著作权不少于2件；发表高水平论文不少于2篇。

**有关说明：**高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过100万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的30%。

**11、复杂金属构件高精度三维计量CT关键技术**

**研究内容：**针对金属零件复杂内腔结构尺寸高精度无损测量需求，研究复杂结构三维锥束计量CT射线散射影响机理及校正方法；研究金属复杂结构X射线宽能谱射束硬化补偿技术；研究复杂结构轮廓CT数据提取、优化及尺寸精确测量方法；研究三维锥束CT尺寸测量计量溯源及测量不确定度评定技术，实现对测量结果的可靠性评价。

**考核指标：**建立金属复杂结构三维锥束计量CT射线散射及射束硬化校正方法；研制高精度三维计量CT原理样机1台及散射校正用样件1套；可检测零件尺寸范围（直径×高度）：100mm×200mm，尺寸测量精度优于（8+L/50）um（L：测量尺寸），给出典型构件尺寸测量不确定度评定结果。发表高水平论文不少于3篇，申请发明专利不少于4件，获得软件著作权2件以上。

**有关说明：**高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过100万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的30%。

**12、热塑性碳纤维预浸料缺陷在线检测与质量控制关键技术研发**

**研究内容：**开发连续碳纤维增强热塑性复合材料（CCFRTP）可靠的预浸料缺陷在线检测与质量控制系统，重点突破缺陷图像去雾处理、缺陷识别与分类、质量分级评价与控制等关键技术；研究基于图像翻译的预浸料图像去雾算法，提高缺陷图像的对比度和信噪比；研究不同类型缺陷的智能识别与分类技术；研究表面质量分级评价与质量控制策略，建立热塑性预浸料表面质量的多级评价指标体系；开发预浸料缺陷在线检测系统，实现对不同类型缺陷的自动监测与报警，并进行实验验证。

**考核指标：**研发出自主知识产权的CCFRTP预浸料缺陷在线检测与质量控制系统1套，实现预浸料表面缺陷（褶皱、裂缝、毛团等）的识别与分类，并具备预浸料表面质量分级评价功能，系统可连续工作时间≥72h；检测幅宽≥300mm，可检测缺陷面积≥0.2mm2，检测速度≥5.0 m/min，每张图像的平均检测时间≤0.1s，各类型缺陷检出率≥97%，误检率≤1%，打标准确率99%。发表高水平论文不少于3篇，申请专利不少于3件。

**有关说明：**高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过100万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的30%。

**13、超薄壁金属管件高精度弯曲成形装备设计研发**

**研究内容：**研究超薄壁高精度管件弯曲成形装备运动布局方案，实现超薄壁小弯径弯曲截面保形与微变段回弹预测；研究超薄壁高精度管件弯曲成形装备数字孪生技术，实现超薄壁高精度弯曲成形大数据的工艺智能优化；开发超薄壁高精度管件弯曲成形装备。

**考核指标：**研制超薄壁金属管件高精度弯曲成形装备样机，并在100种以上不同材料、不同管径的超薄壁金属管件弯曲成形中应用，壁厚/外径比<0.025的超薄壁金属管件成形最小弯曲半径≤1.2倍内径，管材截面畸变率≤3%，回弹控制±0.12°；研发超薄壁高精度金属管件弯曲成形数字孪生系统，构建多工况管件弯曲成形智能工艺数据库。发表高水平论文不少于5篇，申请发明专利不少于5件，获得软件著作权不少于4件。

**有关说明：**高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过100万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的30%。

**本专项项目申报指南编制专家组名单：**

杨桂林 中科院宁波材料所研究员

倪培君 兵科院宁波分院研究员

陈 罡 宁波工程学院教授

李立军 宁波慈星股份有限公司高工

高世权 海天塑机集团有限公司高工

马龙华 浙大宁波理工学院教授

高会军 哈工大宁波智能装备研究院教授